JESK J Ergon Soc Korea 2026; 45(4): 277-295
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2026.45.4.277
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

PCA-Based Analysis of Age-Related Body Shapes in Korean Adults for Developing Representative Human Body Models

Eun Jin Jeon[1], Ah Lam Lee[2]

[1]Department of Home Economics Education, Kyungpook National University, Daegu, 41566
[2]Research & Development Team, Convergence Standards Institute, KATRI Testing & Research Institute, Seoul, 02579

한국인 연령대별 대표 인체 형상 구축을 위한 주성분(PCA) 분석 기반 기초 연구

전은진[1], 이아람[2]

[1]경북대학교 가정교육과
[2]KATRI시험연구원 융합표준연구소 연구개발팀

Corresponding Author
Ah Lam Lee
Research & Development Team,
Convergence Standards Institute,
KATRI Testing & Research Institute,
Seoul, 02579
Email : allee@katri.re.kr

Received : March 31, 2026
Revised : June 27, 2026
Accepted : July 08, 2026

Copyright@2026 by The Human Factors & Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: This study aims to analyze age-related body shape characteristics of Korean men and women using principal component analysis (PCA), and to provide foundational data for the development of representative human body models reflecting body shape variation factors.

Background: Understanding age-related variations in body shape is essential for developing human-centered products. However, studies integrating statistical body shape analysis with applications for representative modeling remain limited.

Method: Anthropometric data from the 8th Size Korea survey were analyzed, including 6,249 adults (2,499 males and 3,750 females). After excluding duplicated and incomplete cases, 51 measurements for men and 54 for women were selected. PCA was conducted on 32 variables for men and 31 for women, determined through exploratory analysis.

Results: Seven principal components for men (74.1% of total variance) and six for women (73.1%) were extracted. Age-related differences in PC scores indicated decreased stature and limb length with aging, accompanied by increased torso volume. Representative body characteristics for each age group were derived based on the mean and standard deviation of PC scores.

Conclusion: The results demonstrate that PCA effectively captures age-related body shape variation and provides a systematic basis for defining representative body characteristics across age groups.

Application: The findings can support apparel and ergonomic product design, including virtual prototyping, e-commerce sizing, and fit evaluation across different life stages.

Keywords: Anthropometry, Body shape, Principal components analysis (PCA), Size Korea, 3D human body model

1. Introduction

인간공학적 제품 설계는 대상 사용자의 인체 형태와 치수 등 인체 특성을 반영해야 하며, 사용 목적에 따라 대상 집단의 체형 특성을 정확히 파악하는 것이 중요하다. 성별 및 연령대별 체형을 고려한 제품 개발은 소비자에게 우수한 착용감과 사용 편의성, 동작 용이성을 제공함으로써 제품의 경쟁력을 높일 수 있다. 대상 집단의 체형 특성을 반영한 3차원 인체 형상 모델은 패션 산업은 물론 다양한 인간공학적 제품 설계에 활용될 수 있는 기초 자료로서 중요하며, 특히 IT 기술 기반의 설계 및 적합성 평가 과정에서 활용하기 위해 체형 분석 결과와 함께 제시될 필요가 있다.

체형 분석 방법은 직접 측정치를 통계적으로 분석하는 방법과 간접 측정치를 활용하여 시각적으로 유형을 분류 방법이 있다(Lee and Nam, 2004). 시각적 체형 분류 방법은 관련 전문가가 사진 관찰을 통해 개인의 체형을 분류하는 방법으로 개인의 인체 형태를 직접적 확인한다는 장점이 있으나 주관적 평가로 결과의 변동성이 크다는 단점이 있다(Kim, 2015). 통계적 분류 방법은 인체 측정치를 요인분석과 군집분석을 통해 체형을 유형화하는 방법으로 객관적인 분석 방법이나 인체 형태를 직접 보지 않고 수치로 결정한다는 단점이 있다. 시각적 관찰법과 통계적 분석법을 함께 사용할 경우 개인의 체형 유형의 크기와 형태적 특징을 구체적으로 파악할 수 있다. 통계적 방법은 직접 측정치를 단순 산술 평균을 비교하는 방법으로 이를 보완하기 위해서는 분석치에 대한 상관관계나 항목간 변동성을 반영하는 분석법을 적용할 필요가 있다.

주성분 분석(PCA: Principal Components Analysis)을 통한 인체치수는 체형의 변동성을 포괄적으로 설명하여 통계 분석에서 도출된 단순 산술 평균보다 부위 간 상관관계나 신체 전체의 변동성을 잘 반영하게 된다. PCA는 변수 간 상관관계를 유지하면서 체형 변동성을 가장 잘 설명하는 독립적인 축을 도출할 수 있어 다변량 인체치수 분석에 적합하다. 주성분 분석은 분산이 큰 방향을 주성분으로 설정하여 차원을 축소해도 데이터가 가진 고유한 정보와 패턴을 최대한 보존하여 인체치수 항목을 활용한 체형의 변동성을 설명함으로써 통계적 체형 분류 방법의 단점을 보완할 수 있다. 또한 인체 데이터를 2차원 또는 3차원 도표와 같은 저차원 공간으로 시각화함으로써 데이터 해석과 탐색을 간소화할 수 있으며, 주성분에 집중하여 데이터의 노이즈나 중복 정보를 제거하여 군집의 구조를 파악하는데 유용하다. 주성분 분석을 통해 도출한 주성분은 전체 체형 변동성의 주요 방향과 구조를 반영하기 때문에, 연령대별 실제 체형 특성을 보다 명확히 파악할 수 있으며, 이를 기반으로 한 대표 인체 형상은 제품 설계에 더 효과적이고 실용적으로 활용될 수 있다. Lee et al. (2024)은 주성분 분석을 통해 한국인 3차원 얼굴 형상을 5개 치수 체계(medium, small, large, short & wide, and long & narrow)로 분류하고 치수 체계 별 대표 머리 형상 헤드폼을 개발하였다. 개발 헤드폼의 5개 치수 체계는 한국인의 얼굴 형상을 남성 96%, 여성 96.2%를 수용하는 것으로 파악되었다. Choi (2016)은 청소년의 3차원 인체 형상 자료를 주성분 분석하고 남녀 연령별 대표 인체치수를 선별하였다.

체형 분석 관련 연구로 Kwak and Kim (2004)은 성인 남성의 측면 체형을 시각적인 방법으로 표준 체형, 반신 체형, 굴신 체형으로 분류하였다. Park and Han (2024)은 고령자의 3차원 인체 형상을 활용하여 체형 분류 방법과 분류식을 개발하고 이를 적용해 측면 체형을 분류하였다. Kim and Choi (2004)은 노년 여성을 대상으로 키와 몸무게의 지수치를 활용하여 3개의 체형을 유형화하였다. 이러한 통계적 분석 방법의 단점 보완을 위해 Choi (2008)과 Jang and Lee (2017)은 시각적 평가와 통계적 평가 방법을 병행하여 성인 여성의 체형 분류 정확도를 높이고자 하였다. 그러나 이전에 수행된 연구들은 한국인의 특정 연령대 인체 데이터를 활용하여 체형 특성을 분석한 연구들은 다수 존재하지만 성인의 연령 증가에 따른 체형 변화를 주성분 분석을 통해 비교하고 그 결과를 바탕으로 대표 인체를 모델링하여 시각화한 연구는 부족한 실정이다. 이에 실질적으로 제품 설계 시에 활용할 수 있는 연령대별 대표 인체 형상을 제시할 수 있는 연구가 요구된다.

따라서, 본 연구의 목적은 최신 사이즈코리아의 인체 데이터를 활용하여, 한국인 남녀의 연령대별 체형 특성을 주성분 분석 기반으로 파악하고 체형의 변동 요인을 적용한 대표 인체 형상 개발에 필요한 기초 정보를 제공하고자 한다.

2. Method

2.1 Anthropometric measurements

2.1.1 Data preprocessing

본 연구의 분석 데이터는 8차 사이즈코리아 인체치수 조사(Korean Agency for Technology and Standards, 2021)에서 수집된 6,249명(남 2,499명, 여 3,750명)의 직접측정 자료이다. 8차 사이즈코리아(2020년~2021년)의 총 조사 인원은 6,839명으로 이 중 직접측정 조사 인원은 5,092명(남 2,319명, 여 2,773명), 3차원 측정 조사 인원은 4,545명(남 2,020명, 여 2,525명)이며, 두 측정 항목에는 73개 공통 인체측정 항목이 존재한다. 직접측정과 3차원 측정 모두 참여하여 중복 기록이 존재하는 인원 2,798명과 결측치가 존재하는 590명을 제외하여 최종 6,249명을 분석 대상으로 정의하였다. 분석 대상의 성별 및 연령대별 인원 분포는 Table 1과 같으며, 분석 대상의 인체치수 특성은 Table 2와 같다.

Table 1. Subject age group distribution (total n = 6,249)

Age group (y)	Male (n)	Female (n)
20 to 29	708	1,104
30 to 39	575	955
40 to 49	464	725
50 to 59	290	500
60 to 69	462	466
Total	2,499	3,750

Table 2. Average anthropometric characteristics of male and female participants

Items (mm)	Male				Female			
	Mean	SD	Min.	Max.	Mean	SD	Min.	Max.
Age (y)	41.4	14.9	20.0	69.0	39.8	13.7	20.0	69.0
Weight (kg)	74.6	11.2	46.1	134.9	57.9	9.2	35.5	114.3
BMI (kg/m^2)	25.0	3.2	16.1	43.1	22.6	3.5	13.9	42.2
Stature	1726.8	60.3	1515.0	1912.0	1602.3	55.7	1400.0	1850.0
Waist Height	1046.0	47.6	880.0	1209.0	971.4	42.1	811.0	1139.0
Crotch Height	772.0	40.8	644.0	912.0	720.3	36.8	569.0	870.0
Neck Circumference	382.1	23.2	312.0	499.0	323.0	20.3	265.0	434.0
Bust Circumference	970.4	69.2	733.0	1274.0	873.1	81.2	677.0	1242.0
Chest Circumference (Axilla)	1010.9	65.4	758.0	1295.0	888.3	63.2	664.0	1168.0
Waist Circumference	871.2	89.8	612.0	1297.0	771.0	89.7	554.0	1178.0
Hip Circumference	970.4	59.5	809.0	1266.0	943.0	61.7	750.0	1369.0
Upper-Arm Circumference	332.9	28.4	241.0	462.0	294.7	29.1	203.0	430.0
Thigh Circumference	580.9	49.0	435.0	812.0	560.7	49.2	420.0	800.0

Table 2. Average anthropometric characteristics of male and female participants (Continued)

Items (mm)	Male				Female			
	Mean	SD	Min.	Max.	Mean	SD	Min.	Max.
Head Circumference	581.6	16.5	516.0	650.0	560.9	14.8	510.0	617.0
Arm Length (Acromion)	578.9	28.0	489.0	683.0	530.9	26.7	410.0	639.0
Across Back Shoulder Width (Through back neck point)	444.7	24.6	340.0	526.0	398.7	20.8	333.0	495.0

*SD, standard deviation; min., minimum; max., maximum

2.1.2 Anthropometric variables for analysis

본 연구에서는 체형의 형태적 구조를 반영하기 위하여 개념 기반 변수 선별을 우선 수행하였으며, 이후 주성분 분석 단계에서 정량적 기준을 적용하여 변수 선택의 통계적 타당성을 검증하였다. 8차 사이즈코리아 직접측정 조사와 3차원 측정 조사에서 공통으로 측정된 73개 직접측정 항목 중 본 분석의 목적인 전신 체형 분석에 적합한 인체측정 항목을 선별 및 추가하여 남성 51개, 여성 54개 측정 항목과 전신 체형 설명 중요도를 정의하였다(Table 3). 이 과정에서 형태적 체형 분석에 불필요한 몸무게와 자세 특성이 반영된 항목 10개(예: 앉은배두께, 앉은키, 머리위로뻗은주먹높이), 부위별 세부 측정 항목 15개(예: 손두께, 검지손가락직선길이, 막대쥔손안둘레) 총 26개가 제외되었으며, 체형 정보를 보강하는 7개(예: 가슴-허리둘레 차이, 몸통수직길이 등) 항목이 계산으로 추가되었다.

Table 3. Anthropometric items used for analysis and their relevance to body shape description

	Type	Items	Relevance
1	Height (12 items)	Back Neck Height/Cervicale Height	Low
2		Acromion Height	Low
3		Axilla Height	Low
4		Waist Height (Natural Indentation) (F)	Low
5		Waist Height	Low
6		Anterior Superior Iliac Spine Height	Low
7		Crotch Height	Medium
8		Lateral Malleolus Height/Outer Ankle Height	Low
9		Stature	High
10		Head Height	Medium
11		Torso Height†	Medium
12		Straight Body Rise†	High
13	Straight length (2 items)	Hand Length	Low
14		Foot Length	Low
15	Length (11 items)	Back Neck Base Length	Low
16		Side Neck Point to Back Waist Level	Medium
17		Side Neck Point to Bust Point	Medium

Table 3. Anthropometric items used for analysis and their relevance to body shape description (Continued)

	Type	Items	Relevance
18	Length (11 items)	Side Neck Point to Waist Level (Through Bust Point)	Medium
19		Total Crotch Length	Medium
20		Back Neck Point to Acromion Length	Low
21		Across Back Shoulder Width (Through Back Neck Point)	High
22		Upperarm Length	Low
23		Arm Length (Acromion)	High
24		Back Neck Point to Bust-Point†	Low
25		Back Neck Point to Waist (Through Bust Point)†	Low
26	Breadth (5 items)	Chest Breadth (Axilla)	Medium
27		Waist Breadth	Medium
28		Hip Breadth	Medium
29		Inferior Leg Width	Low
30		Head Breadth	Medium
31	Depth (4 items)	Armscye Depth (Axilla)	Medium
32		Chest Depth (Axilla)	Medium
33		Waist Depth	Medium
34		Head Length	Medium
35	Circumference (17 items)	Neck Circumference	High
36		Neck Base Circumference	Medium
37		Armscye Circumference (Acromion)	Low
38		Upper-Arm Circumference	Medium
39		Elbow Circumference	Low
40		Wrist Circumference	Medium
41		Chest Circumference (Axilla)	High
42		Bust Circumference	High
43		Underbust Circumference (F)	Medium
44		Waist Circumference (Natural Indentation) (F)	Low
45		Waist Circumference	High
46		Waist Circumference (Omphalion)	Medium
47		Hip Circumference	High
48		Thigh Circumference	Medium
49		Knee Circumference	Medium
50		Calf Circumference	Medium
51		Head Circumference	High

Table 3. Anthropometric items used for analysis and their relevance to body shape description (Continued)

	Type	Items	Relevance
52	Drops (3 items)	Chest-Waist drop or Bust-Waist drop (F)†	Medium
53		Hip-Chest drop or Hip-Bust drop (F)†	Medium
54		Hip-Waist drop†	Medium

(F): measured for female subjects only
†Calculated Items:
Torso Height=Back Neck Height-Crotch Height
Straight Body Rise=Waist Height-Crotch Height
Back Neck Point to Bust-Point = (Back Neck Base Length × 1/2) + Side Neck Point to Bust Point
Back Neck Point to Waist (Through Bust Point) = (Back Neck Base Length × 1/2) + Side Neck Point to Waist Level (Through Bust Point)
Chest-Waist drop=Chest circ. (Axilla) - Waist circ. or Bust-Waist drop(F)=Bust circ.-Waist circ.
Hip-Chest drop=Hip circ.-Chest circ. (Axilla) or Hip-Bust drop(F)=Hip circ.-Bust circ.
Hip-Waist drop=Hip circ.-Waist circ.

2.2 Principal component analysis (PCA)

본 연구에서는 한국인 전신 체형의 구조적 특성을 파악하기 위하여 주성분 분석을 실시하였다. 남성 2,499명의 51개 인체치수 항목, 여성 3,750명의 여성 54개 인체치수 항목을 토대로 한국인 전신 체형의 특성을 파악하기 위해 주성분 분석을 실시하여 대규모 인체 데이터 세트의 차원 수를 축소하였다. 남성과 여성의 체형 차이를 고려하여 성별 분석을 실시하였으며, 여성에게만 존재하는 인체치수 항목은 가는허리높이, 젖가슴아래둘레, 가는허리둘레이다.

인체 데이터의 사전 검토 결과, 인체치수의 분산이 크다는 것을 확인하였으며, 이를 수정하고자 데이터의 변수별 값 범위를 동일한 기준으로 조정하는 데이터 표준화(standardization) 작업을 거친 후 주성분 분석을 실시하였다. 주성분 분석 결과의 성능을 개선하고 체형을 설명하는 변수의 중요도를 반영하기 위해, 주성분 분석에 앞서 변수 간 중복성과 분석 적합성을 검토하였다. 상관관계가 0.9 이상인 두 항목 중 체형 설명에 대한 중요도가 낮은 항목, KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 측도가 0.7 미만인 항목, 공통성(communality)이 0.4 미만인 항목을 우선적인 제외 검토 대상으로 설정하였다. 최종적으로 각 항목의 통계적 기준 충족 여부와 체형 해석 의미를 함께 고려하여 주성분 분석에 포함할 인체치수 항목을 선정하였다. 주성분 분석 시 주성분 개수는 고유값(eigenvalue) 1 이상인 항목으로 결정하였다.

2.3 Derivation of average body shape

주성분 분석 후 연령대별 주성분 점수 평균값을 비교 분석하여 연령대별 체형 특성을 검토하였다. 본 연구에서는 연령을 이산적 집단 간 비교가 아닌 연속적인 변화 과정으로 간주하고, 주성분 점수의 변화 경향을 중심으로 체형 구조를 해석하였다. 이에 따라 집단 간 평균 차이에 대한 통계적 유의성 검정보다는 주성분 변화 경향 분석 즉, 체형 변화의 패턴과 구조적 특성 분석에 초점을 두었다.

연령대별 주성분 점수에 기반하여 주성분 점수의 ±1 표준편차 범위에 속하는 인원을 추출하고 이들의 인체치수 항목별 평균값을 대표 체형으로 정의하였다. 이 방법은 대상의 중심 경향을 반영하면서 극단값의 영향을 최소화하기 위한 것으로, 정규분포를 가정할 경우 전체의 약 68%를 포함하는 범위에 해당한다. 또한 주성분 점수를 기반으로 체형을 정의함으로써 개별 치수의 단순 평균이 아닌 체형의 구조적 특성을 반영할 수 있다. 이러한 성별 연령대별 대표 체형을 시각적으로 표현하기 위해 CLO 2024 (CLO Virtual Fashion, Korea)의 Avatar Editor를 활용하여 아바타를 제작하였다.

3. Results and Discussion

3.1 PCA results for males

남성 2,499명의 51개 인체치수 항목 중 탐색적 데이터 분석을 통해 선별된 32개의 변수로 주성분 분석을 수행한 결과 총 분산의 74.1%를 설명하는 7개의 주성분이 추출되었다(Table 4). 주성분의 평균값에 해당하는 체형을 3차원 인체 형상 모델로 시각화하여 Figure 1에 제시하였으며, 7개 각 주성분 별 ±3 표준편차에 해당하는 체형을 Figure 2에 함께 나타내었다.

Table 4. Principal component loadings of male body measurements and explained variance ratios

Items	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Hip Circumference	0.245	-0.075	0.061	-0.080	0.128	0.010	0.038
Chest Circumference (Axilla)	0.241	-0.079	0.146	-0.162	-0.102	0.148	0.078
Elbow Circumference	0.240	-0.080	0.014	-0.115	-0.013	0.179	0.200
Upper-Arm Circumference	0.230	-0.108	0.173	-0.187	-0.026	0.091	0.080
Neck Circumference	0.218	-0.209	0.067	0.070	-0.019	-0.115	-0.119
Waist Circumference	0.210	-0.267	-0.044	0.039	0.025	-0.168	-0.019
Stature	0.178	0.344	-0.101	-0.007	0.032	0.002	-0.100
Arm Length (Acromion)	0.163	0.316	0.007	-0.075	-0.049	-0.199	0.006
Foot Length	0.160	0.261	-0.107	0.014	-0.043	-0.183	0.132
Upperarm Length	0.159	0.273	-0.047	-0.050	-0.064	-0.156	-0.011
Hand Length	0.145	0.249	-0.194	0.078	-0.073	-0.184	0.186
Crotch Height	0.108	0.386	0.021	-0.068	-0.161	-0.176	0.011
Torso Height	0.187	0.065	-0.347	0.061	0.310	0.272	-0.156
Side Neck Point to Bust Point	0.183	-0.118	-0.293	0.036	-0.269	0.050	-0.164
Wrist Circumference	0.181	-0.173	-0.241	0.053	-0.071	-0.041	0.207
Back Neck Base Length	0.148	0.053	0.357	-0.167	0.152	-0.191	-0.292
Armscye Depth (Axilla)	0.205	-0.042	0.259	-0.296	0.009	0.154	0.147
Head Circumference	0.156	0.037	0.260	0.502	0.037	0.159	0.041
Head Height	0.121	0.108	0.153	0.372	0.027	-0.076	-0.001
Head Length	0.111	0.102	0.328	0.370	0.094	0.153	0.073
Head Breadth	0.108	-0.058	0.079	0.341	-0.036	0.126	0.007
Total Crotch Length	0.218	-0.095	-0.047	-0.027	0.360	-0.101	0.057
Side Neck Point to Waist Leve (Through Bust Point)	0.186	-0.036	-0.164	0.066	-0.304	0.300	-0.142
Straight Body Rise	0.140	0.045	-0.135	-0.102	0.632	0.009	-0.006
Neck Base Circumference	0.169	-0.126	0.160	0.054	-0.163	-0.353	-0.285
Side Neck Point to Back Waist Level	0.160	0.113	-0.215	0.062	-0.043	0.295	-0.240
Chest-Waist Drop	-0.049	0.302	0.216	-0.228	-0.143	0.399	0.109

Table 4. Principal component loadings of male body measurements and explained variance ratios (Continued)

Items	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Back Neck Point to Bust-Point	0.232	-0.079	-0.086	-0.048	-0.164	-0.048	-0.285
Chest Depth (Axilla)	0.204	-0.170	0.032	-0.162	-0.119	0.044	0.219
Inferior Leg Width	0.155	-0.080	0.044	0.015	-0.093	-0.180	0.268
Across Back Shoulder Width (Through Back Neck Point)	0.147	0.160	0.131	-0.099	0.049	0.127	-0.256
Lateral Malleolus Height	0.103	0.064	-0.140	0.115	-0.001	-0.037	0.470
Explained Variance Ratio	0.388	0.131	0.063	0.047	0.043	0.037	0.032
Cumulated Variance Ratio	0.388	0.519	0.582	0.629	0.672	0.709	0.741

*The highest absolute values for each body measurement items are shaded

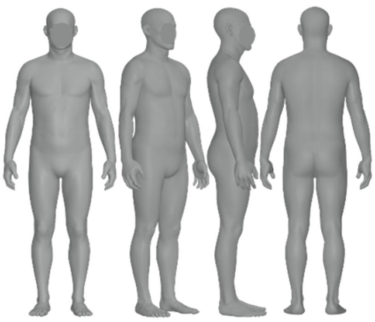


Figure 1. Average male body shape (PC scores = 0) visualized as a 3D human body model

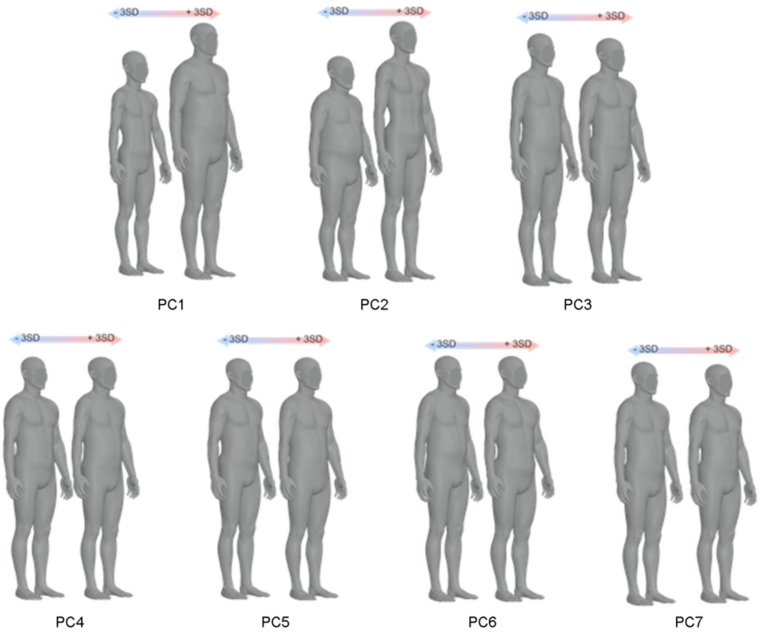


Figure 2. Visualization of the 7 principal components of male body shape (PC1: Body girth; PC2: Stature and limb length; PC3: Torso proportion; PC4: Head and upper body proportion; PC5: Lower torso proportion; PC6: Upper body shape; PC7: Shoulder-chest proportion; -3 SD on the left and +3 SD on the right for each component)

PC1은 전신 체격 성분으로 가슴, 팔, 엉덩이를 포함한 몸통둘레의 크기를 설명하며, 값이 클수록 큰 체형을 의미한다. PC2는 키와 팔다리 길이 성분으로, 값이 클수록 키와 팔다리가 전반적으로 길고 늘씬한 체형을 나타낸다. PC3은 몸통 비율 성분으로, 값이 클수록 몸통 길이와 손목 둘레는 작아지는 경향을 보인다. PC4는 머리 및 상체 비율 성분으로 값이 클수록 머리 크기는 크고 겨드랑두께는 작아지는 경향을 나타낸다. PC5는 하체 비율 성분으로 허리를 기준으로 한 엉덩이길이 대비 상체 길이를 설명하며, 값이 클수록 엉덩이길이가 길고 허리위치가 높은 체형을 나타낸다. PC6은 상체 형태 성분으로 가슴과 허리둘레 간 차이와 상체 길이 비율과 관련되며, 값이 클수록 가슴둘레 대비 허리둘레가 작고 목둘레가 작아 역삼각형 체형의 특징을 보인다. PC7은 어깨 및 가슴두께 비율 성분으로, 값이 클수록 어깨폭은 좁고 가슴두께는 두꺼운 경향을 보인다.

3.2 Age-related body shape characteristics in males

남성의 7개의 주성분 점수 평균값을 연령대별로 비교하여 Figure 3에 나타내었으며, 주성분별 점수 변화 기반 연령 증가에 따른 남성 체형 변화 경향은 다음과 같이 설명할 수 있다. 전신 체격을 반영하는 PC1(전신 체격 성분)은 30~40대에 정점을 이루며, 이후 노화에 따라 감소하는 경향을 나타낸다. 키와 팔다리길이와 관련된 PC2(키와 팔다리길이 성분)는 연령 증가에 따라 점차 감소하는 양상을 보여, 노화에 따른 키 감소 및 자세 변화와 관련이 있는 것으로 해석된다. PC3(몸통 비율 성분)은 연령 증가에 따라 점수가 낮아지는 경향을 보이며, 이는 몸통길이의 증가와 손목둘레의 감소로 해석할 수 있다. PC4(머리 및 상체 비율 성분)는 30대 이후 점차 증가하며, 이는 고령층에서 머리 치수의 비중이 커지는 경향을 반영한다. PC5(하체 비율 성분)는 40~50대에 감소하고 60대에 다시 증가하는 양상을 보여, 중년기에는 허리위치가 낮아지고 노년기에는 다시 높아지는 변화를 시사한다. PC6(상체 형태 성분)은 연령 증가에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내며, 이는 노화에 따라 가슴둘레 대비 허리둘레는 증가하고 목둘레는 커지는 등 상체 비율의 변화와 관련된다. PC7(어깨 및 가슴두께 비율 성분)은 연령대별 뚜렷한 변화 경향이 관찰되지 않았다.

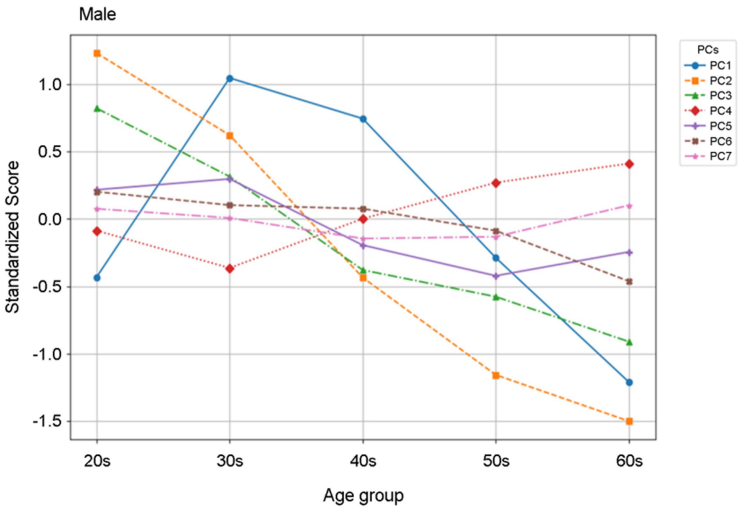


Figure 3. Age group-wise standardized scores of the seven PCs for male body shape

각 연령대별 주성분 체형 특성이 반영된 대표 체형을 도출하기 위해 주성분의 평균 ±1 표준편차 범위에 속하는 인구의 평균값을 Table 5에 제시하였으며, 이들 값을 CLO에 입력하여 생성한 3차원 인체 형상 모델은 Figure 4와 같다. 남성 연령대별 체형 특성은 다음과 같다. 20대 남성은 키가 크고 팔다리가 길며 몸통은 짧으며 상체 및 엉덩이둘레가 작은, 전반적으로 늘씬한 체형이다. 30대 남성은 20대와 유사하게 키가 크고 팔다리가 길지만, 상체 및 엉덩이둘레가 더 크고 상체 대비 엉덩이길이가 긴 체형 특성을 보인다. 40대 남성은 상체 및 엉덩이둘레가 크며 20~30대 남성에 비해 키와 팔다리길이가 짧은 특성을 보인다. 50대 남성은 키와 팔다리가 짧고 몸통이 길고 두꺼우며 엉덩이길이가 짧은 특성을 보인다. 60대 남성은 전반적으로 체형이 작으며, 팔다리가 짧고 머리는 크며 가슴은 좁고 두꺼우며 허리가 큰 경향을 보인다.

이러한 연령대별 체형 변화 경향은 선행연구에서 보고된 결과와 유사하다. 성인 남녀 모두 연령 증가에 따라 키가 감소하는 것으로 보고되었으며(Frenzel et al., 2020; Sorkin et al., 1999), 본 연구에서도 PC2(신장 및 사지 길이 성분)의 감소를 통해 유사한 경향이 확인되었다. 키 감소의 주된 원인은 디스크의 높이 감소, 근력 저하에 따른 자세 변화, 그리고 척추의 후만으로 알려져 있으며(Shimizu et al., 2020; Kado et al., 2007), 이러한 변화는 상체 형태에도 영향을 미친다.

PC1(전신 체격 성분)의 변화 양상은 남성의 몸무게 및 체성분 변화 패턴과 유사한 경향을 보인다. 선행연구에 따르면 남성의 몸무게는 중년기에 정점을 이루고 이후 감소하는 경향을 보이며(Frenzel et al., 2020), 이는 체지방의 증가와 근육량 감소(St-Onge and Gallagher, 2009; Volpi et al., 2004)와 함께 체형 변화를 유발한다. 본 연구에서도 가슴둘레, 엉덩이둘레, 위팔둘레와 관련된 PC1의 변화에서 유사한 경향이 확인되었다.

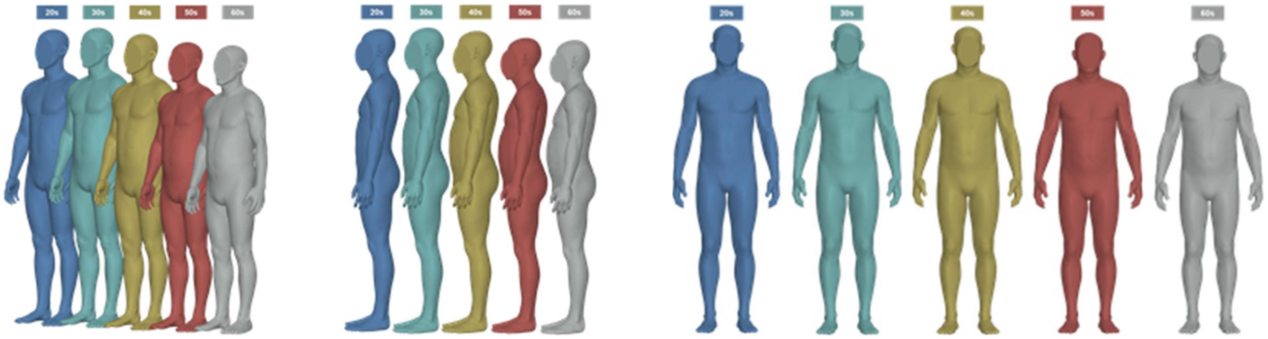
노화에 따른 복부 비만의 증가는 남성 체형 변화에서 가장 두드러진 특징 중 하나로 나타났다. 본 연구 결과 연령 증가에 따라 허리둘레는 가슴-허리둘레 차이는 감소하는 경향이 확인되었으며, 이러한 변화는 PC2(신장 및 사지 길이 성분)와 PC6(상체 형태 성분)의 변화 양상에서도 관찰되었다. 이러한 경향은 선행연구에서도 동일하게 보고되었으며, 그 원인은 호르몬의 감소, 내장지방 축적 증가, 근력 저하, 그리고 신진대사율 저하에 따른 에너지 과잉 축적으로 설명된다(Szulc et al., 2017; Stevens et al., 2010). 이러한 체형 이러한 체형 변화는 몸무게 변화만으로는 설명하기 어려운 체형 구조의 재편을 의미하며, 만성 질환 위험 증가와도 밀접하게 관련되는 것으로 보고된다(Szulc et al., 2017). 따라서 이러한 결과는 인간공학적 제품 설계뿐 아니라 건강관리 측면에서도 중요한 의미를 가진다.

Table 5. Means and SDs of body measurements for average male body shapes by age group (within ±1SD PC scores)

Items (mm)	20s		30s		40s		50s		60s	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
Stature	1,734	31	1,751	31	1,730	31	1,692	23	1,684	31
Crotch Height	784	23	786	23	772	20	747	17	745	24
Neck Circ.	371	13	382	14	387	17	384	13	385	12
Chest Circumference (Axilla)	994	36	1026	44	1027	38	985	28	989	37
Bust Circumference	947	39	975	44	980	43	958	30	960	36
Waist Circumference	818	51	857	49	899	59	892	46	897	50
Hip Circumference	961	37	982	38	982	35	950	30	938	28
Thigh Circumference	580	33	591	30	588	30	564	29	554	28
Upper-Arm Circumference	328	19	339	14	339	20	323	13	324	16
Side Neck Point to Bust Point	252	11	265	12	270	10	267	9	270	11
Across Back Shoulder Width (Through Back Neck Point)	452	16	453	22	446	21	433	13	426	14
Arm Length (Acromion)	583	18	589	20	577	15	556	15	560	18
Head Circumference	584	10	584	9	580	11	580	10	577	10
Torso Height	687	13	702	17	704	18	697	14	687	15
Chest Breadth (Axilla)	312	12	320	13	321	13	307	10	308	13
Waist Breadth	288	17	299	16	307	16	299	12	299	13
Hip Breadth	336	13	344	15	340	14	331	11	331	9
Chest Depth (Axilla)	220	14	231	17	229	13	229	13	230	13

Table 5. Means and SDs of body measurements for average male body shapes by age group (within ±1SD PC scores) (Continued)

Items (mm)	20s		30s		40s		50s		60s	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
Waist Depth	210	17	224	18	237	22	238	18	240	18
Waist Height	1,055	28	1,068	28	1,042	25	1,014	22	1,011	27
Foot Length	251	8	257	9	252	7	246	7	249	7
Hand Length	183	5	185	7	186	5	181	4	183	6



(a) Three-quarter view (b) Side view (c) Front view

Figure 4. 3D human body models representing average male body shapes by age group, generated from mean body measurements

3.3 PCA results for females

여성 3,750명의 54개 인체치수 항목 중 탐색적 데이터 분석을 통해 선별된 31개의 변수로 주성분 분석을 수행한 결과 총 분산의 73.1%를 설명하는 6개의 주성분이 추출되었다(Table 6). 주성분의 평균값에 해당하는 체형을 3차원 인체 형상 모델로 시각화하여 Figure 5에 제시하였으며, 6개 각 주성분 별 ±3 SD에 해당하는 체형을 Figure 6에 나타내었다.

PC1은 전신 체격 성분으로 젖가슴둘레, 가슴너비, 가슴두께, 엉덩이, 목둘레를 포함하는 전신의 주요 둘레를 설명하며 값이 클수록 전반적인 체격이 크고 풍만한 체형을 나타낸다. PC2는 키와 팔다리 성분으로, 값이 클수록 길고 늘씬한 체형 경향을 보인다. PC3은 상체 비율 성분으로, 값이 클수록 상체 길이가 짧고 목밑뒤길이가 길며 허리위치가 높고 머리수직길이가 긴 경향을 보인다. PC4는 허리-엉덩이 비율 성분으로 값이 클수록 허리 대비 엉덩이가 큰 경향을 보인다. PC5는 상체 및 머리 비율 성분으로 엉덩이길이를 포함하는 몸통길이와 머리둘레 비율을 설명하며 값이 클수록 몸통길이가 짧고 머리둘레가 큰 경향을 보인다. PC6은 어깨 비율 성분으로 값이 클수록 어깨너비는 넓고 손목둘레와 발목둘레가 작은 경향을 보인다.

Table 6. Principal component loadings of female body measurements and explained variance ratios

Items	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Hip Circumference	0.254	-0.001	0.142	0.229	-0.003	-0.035
Elbow Circumference	0.247	-0.116	-0.002	0.004	-0.105	-0.131

Table 6. Principal component loadings of female body measurements and explained variance ratios (Continued)

Items	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Bust Circumference	0.237	-0.213	0.022	-0.111	-0.044	0.053
Calf Circumference	0.237	-0.025	0.143	0.163	0.083	-0.175
Knee Circumference	0.234	0.031	0.148	0.216	0.063	-0.177
Chest Breadth (Axilla)	0.232	-0.052	-0.015	-0.043	-0.116	0.162
Neck Circumference	0.231	-0.158	0.013	-0.113	-0.010	0.176
Chest Depth (Axilla)	0.199	-0.189	0.041	-0.166	-0.109	-0.142
Waist Circumference	0.229	-0.232	0.010	-0.124	-0.124	0.004
Side Neck Point to Bust Point	0.184	-0.207	-0.198	-0.034	0.145	0.058
Foot Length	0.140	0.240	-0.184	-0.195	0.187	-0.189
Upperarm Length	0.124	0.297	0.040	-0.225	0.019	-0.011
Arm Length (Acromion)	0.122	0.323	0.046	-0.210	0.031	-0.030
Stature	0.115	0.389	-0.116	-0.053	0.018	0.067
Side Neck Point to Waist Level (Through Bust Point)	0.156	-0.062	-0.354	0.144	0.306	0.102
Side Neck Point to Back Waist Level	0.142	0.103	-0.352	0.087	-0.116	0.121
Back Neck Base Length	0.098	0.132	0.419	-0.191	-0.123	0.245
Head Height	0.073	0.200	0.278	-0.186	0.010	0.093
Thigh Circumference	0.230	-0.055	0.180	0.253	0.097	-0.011
Hip Breadth	0.224	0.090	0.081	0.254	0.119	-0.042
Hand Length	0.125	0.224	-0.199	-0.309	0.121	-0.239
HWdrop	-0.077	0.331	0.124	0.401	0.175	-0.040
Total Crotch Length	0.191	0.113	0.292	0.046	-0.335	0.016
Torso Height	0.162	0.186	-0.314	0.184	-0.343	0.144
Neck Base Circumference	0.157	-0.109	0.060	-0.124	0.334	0.319
Head Circumference	0.130	0.071	0.047	-0.077	0.349	0.184
Straight Body Rise	0.126	0.147	-0.182	0.267	-0.323	0.171
Wrist Circumference	0.207	-0.143	-0.123	-0.122	-0.131	-0.214
Inferior Leg Width	0.175	-0.018	0.051	0.131	0.250	-0.345
Across Back Shoulder Width (Through Back Neck Point)	0.155	0.100	-0.065	-0.027	0.090	0.419
Lateral Malleolus Height/ Outer Ankle Height	0.100	0.136	-0.065	-0.149	-0.177	-0.339
Explained Variance Ratio	0.389	0.145	0.075	0.051	0.036	0.035
Cumulated Variance Ratio	0.389	0.534	0.609	0.660	0.696	0.731

*The highest absolute values for each body measurement items are shaded

Figure 5. Average female body shape (PC scores = 0) visualized as a 3D human body model

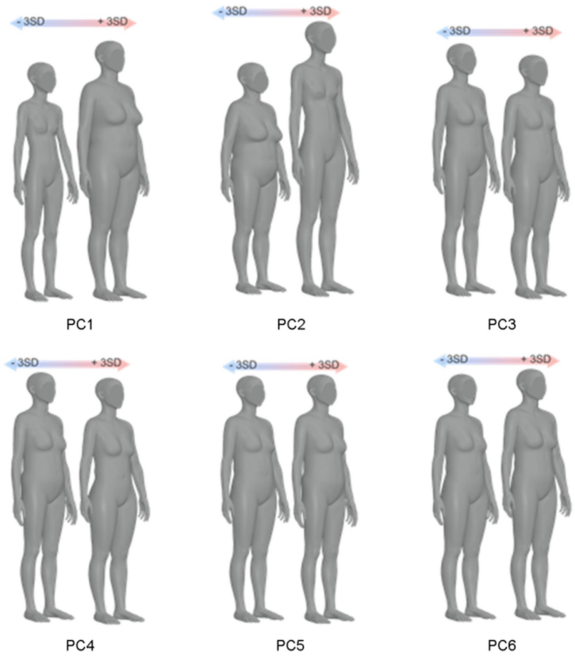


Figure 6. Visualization of the 7 principal components of female body shape (PC1: Body girth; PC2: Stature and limb length; PC3: Torso proportion; PC4: Waist-hip proportion; PC5: Torso-head proportion; PC6: Shoulder proportion; -3 SD on the left and +3 SD on the right for each component)

3.4 Age-related body shape characteristics in females

여성의 6개의 주성분 점수 평균값을 연령대별로 비교하여 Figure 7에 나타내었으며, 주성분 별 점수 변화 기반 연령 증가에 따른 여성 체형 변화 경향은 다음과 같이 설명할 수 있다. 전신 주요 둘레를 반영하는 PC1(전신 체격 성분)은 20대에 가장 작고 40대에 정점을 이루는데, 20대에 가장 날씬한 체형이며 40대 무렵 체격이 가장 크며 50~60대 이후 감소하나, 20대보다는 여전히 풍만한 경향으로 나타난다. 키와 팔다리길이를 나타내는 PC2(키와 팔다리 성분)는 20대에 가장 높고 연령 증가에 따라 감소하는데, 노화에 따른 키 감소 및 팔다리 비율 변화를 반영한다. 허리 위쪽의 상체 길이를 나타내는 PC3(상체 비율 성분) 역시 연령 증가에 따라 감소하는 경향이 관찰되는데, 이는 연령이 증가할수록 상체 길이가 짧아지고 목밑뒤길이가 길어지는 체형 변화로 나타난다. 하체 엉덩이 비율을 나타내는 PC4(허리-엉덩이 비율 성분)는 30대에 가장 높고 이후로 감소하는 양상이 확인되는데, 30대 여성에서 허리와 엉덩이 둘레 차이가 크고 연령이 증가함에 따라 상체가 상대적으로 커져 엉덩이 비율이 줄어드는 체형으로의 변화로 설명할 수 있다. 몸통길

이와 머리둘레 비율을 설명하는 PC5(상체 및 머리 비율 성분)는 연령 변화에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았다. 어깨너비와 팔다리 말단의 크기 비율을 설명하는 PC6(어깨 비율 성분)은 20대에 약간 높고 60대에 낮은 것으로 나타났는데, 어깨와 목이 상대적으로 강조된 체형에서 연령 증가에 따라 상체 윗부분이 좁아지고 손목, 발목둘레가 커지는 경향이 확인된다.

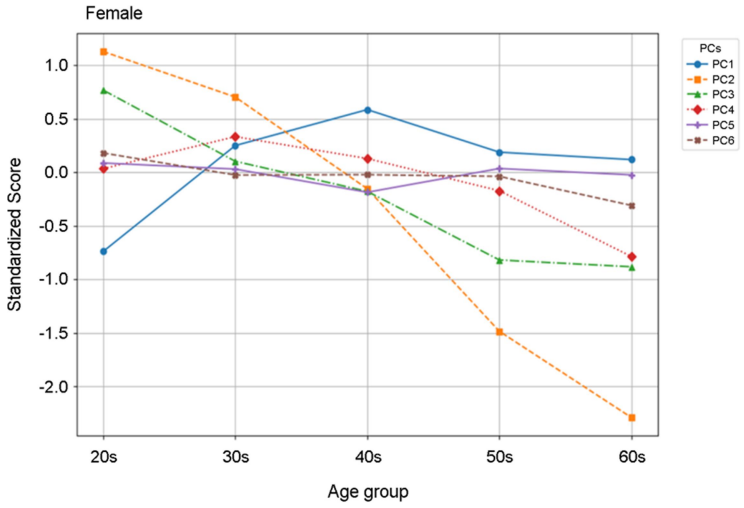


Figure 7. Age group-wise standardized scores of the six PCs for female body shape

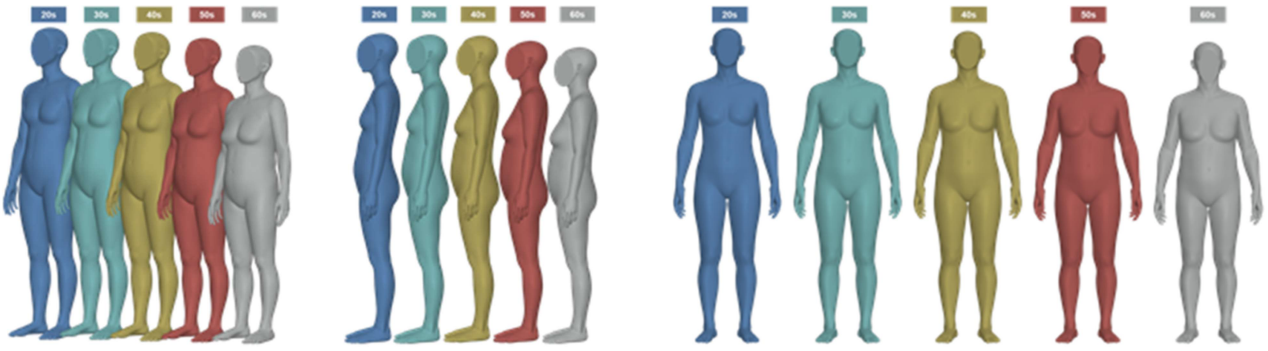
각 연령대별 주성분 체형 특성이 반영된 대표 체형을 도출하기 위해 주성분의 평균과 ±1 표준편차 범위에 속하는 인구의 평균값을 Table 7에 제시하였으며, 본 값으로 생성한 아바타는 Figure 8과 같다. 여성의 각 연령대별 체형 특성은 다음과 같다. 20대 여성은 상체와 엉덩이를 포함한 전신의 크기가 작으며, 키가 크고 팔다리와 몸통이 긴 전반적으로 늘씬한 체형이다. 30대 여성은 키가 크고 팔다리가 길며 20대 남성의 체형에 비해 상체 및 하체의 균형이 잘 잡혀 있으며, 허리 대비 엉덩이가 큰 체형이다. 40대 여성은 전신의 크기와 상체의 크기가 크며 20~30대 여성의 체형에 비해 키가 작고 팔다리길이가 짧은 특성을 보인다. 50대 여성은 키가 작고 팔다리가 짧으며 토르소 길이 대비 허리위치가 낮고 엉덩이에 비해 허리가 발달한 체형 특성을 보인다. 60대 여성은 전반적으로 체형이 작으며 팔다리가 짧으며, 상체의 길이가 길고 엉덩이와 어깨가 발달하지 않은 특성이 확인되었다.

Table 7. Means and SDs of body measurements for average female body shapes by age group (within ±1SD PC scores)

Items (mm)	20s		30s		40s		50s		60s	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
Stature	1,620	28	1,615	28	1,604	32	1,579	33	1,548	29
Crotch Height	736	23	726	22	719	23	706	26	691	23
Neck Circumference	314	12	318	13	322	14	325	12	331	11
Chest Circumference (Axilla)	863	39	873	41	888	37	897	33	903	27
Bust Circumference	830	47	847	49	869	45	889	45	906	37
Waist Circumference	711	49	740	52	775	50	793	41	822	41
Hip Circumference	927	36	936	38	941	33	930	26	918	26
Thigh Circumference	551	30	560	32	566	29	552	31	544	32

Table 7. Means and SDs of body measurements for average female body shapes by age group (within ±1SD PC scores)
(Continued)

Items (mm)	20s		30s		40s		50s		60s	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
Upper-Arm Circumference	283	19	287	21	297	17	300	14	296	18
Side Neck Point to Bust Point	250	15	262	16	271	18	277	15	285	17
Across Back Shoulder Width (Through Back Neck Point)	399	18	396	15	395	14	397	14	393	17
Arm Length (Acromion)	542	14	535	16	526	14	513	19	509	23
Head Circumference	562	11	559	12	558	13	557	12	558	11
Torso Height	629	15	636	16	637	16	632	15	624	14
Chest Breadth (Axilla)	272	12	278	11	280	12	278	10	277	10
Waist Breadth	251	16	259	17	267	17	273	14	276	15
Hip Breadth	331	13	335	13	332	12	330	10	324	11
Chest Depth (Axilla)	190	15	195	16	204	16	207	17	215	17
Waist Depth	176	15	187	16	200	18	205	15	219	15
Waist Height	985	25	981	25	972	27	955	29	937	27
Foot Length	231	7	232	6	229	7	229	8	229	8
Hand Length	169	4	170	5	170	5	171	5	169	6



(a) Three-quarter view (b) Side view (c) Front view

Figure 8. 3D human body models representing average female body shapes by age group, generated from mean body measurements

이러한 여성 연령대별 체형 변화 경향은 선행연구에서 보고된 결과와 유사하다. 연령 증가에 따라 키는 감소하고 몸통은 두꺼워지는 체형 변화는 국내·외 연구(Kim et al., 2017; Frenzel et al., 2020; Song et al., 2022)에서도 공통적으로 관찰되었다. 본 연구에서도 PC1(전신 체격 성분)과 PC2(키와 팔다리 성분)의 변화 양상을 통해 20대의 길고 날씬한 체형이 연령 증가에 따라 체간 중심의 체형으로 변화하는 경향이 확인되었다.

여성의 연령이 증가할수록 PC2(키와 팔다리 성분)의 감소와 함께, PC3(상체 비율 성분), PC6(어깨 비율 성분)가 감소하여 상체 비율 및

어깨 구조가 변화되는 양상이 확인되었다. 키의 감소는 척추의 퇴행성 변화에 따른 것으로 알려져 있으며, 디스크 높이 감소와 척추 후만이 복합적으로 작용하는 것으로 보고된다(Iwasaki et al., 2023; Choi et al., 2022). 특히 본 연구에서 확인된 연령 증가에 따른 목 밑뒤길이 증가와 어깨너비 감소 경향은 '등 혹(dowager's hump)'이라 불리는 상부 척추 후만 경향(Kado et al., 2007)의 결과로 보여진다. 이러한 연령 증가에 따른 체형 변화는 단순한 외형적 변화에 그치지 않고 건강 위험과도 연관되는 것으로 보고된 바 있어(Choi et al., 2022), 고령층을 대상으로 한 체형 특성 파악의 필요성을 시사한다.

또한 본 연구 결과, 연령 증가에 따라 하체 중심 체형에서 상체 중심, 특히 복부 중심 체형으로 변화하는 경향이 확인되었다. 이러한 변화는 PC4(허리-엉덩이 비율 성분)의 감소와 함께 엉덩이에 비해 허리 부위가 상대적으로 발달하는 양상으로 나타났으며, 선행연구에서도 유사한 경향이 보고된 바 있다(Stevens et al., 2010; Frenzel et al., 2020). 이러한 변화는 폐경 이후 내장지방 증가 및 지방 재분포에 의해 발생하는 것으로 설명된다(Wells et al., 2011; Toth et al., 2000).

노년 여성은 이러한 체형 변화로 인해 기성복 착용에 어려움을 겪으며, 허리 및 복부 부위 수선 비율이 높은 것으로 보고된다(Vianna and Quaresma, 2015; Lee and Kim, 2007). 또한 복부 중심 체형 변화에 따라 허리둘레 여유 및 착용 위치 조정이 필요하다는 점도 제시된 바 있다(Park, 2009). 이러한 결과는 연령에 따른 체형 변화 특성이 의류 착용 및 제품 설계와 밀접하게 관련될 수 있음을 시사한다.

4. Conclusion

본 연구에서는 한국인 성인 6,249명(남성 2,499명, 여성 3,750명)의 최신 사이즈코리아 자료를 분석하여, 연령대별 체형 특성을 주성분 분석을 통해 비교하고 주요 체형 변동 요인을 3차원 인체 형상 모델로 시각화하였다. 이를 통해 다양한 산업 분야에서 활용 가능한 한국인 체형의 기초 정보를 제시하였다.

8차 사이즈코리아의 직접측정 항목 중 전신 체형 분석에 적합한 인체측정 항목을 선별하고, 일부 항목을 추가하여 분석에 활용하였다. 남성 2,499명의 선별된 51개 인체치수 항목 중 탐색적 데이터 분석을 통해 선별된 32개의 변수에 대해 주성분 분석을 실시한 결과, 총 분산의 74.1%를 설명하는 7개의 주성분이 추출되었다. 동일한 절차를 여성 3,750명의 54개 인체치수 항목에 적용한 결과, 선별된 31개의 변수로부터 총 분산의 73.1%를 설명하는 6개의 주성분이 도출되었다.

추출된 주성분 점수를 기반으로 연령대별 한국인 남녀의 체형 특성을 도출하였으며, 이를 3차원 인체 형상 모델로 시각화하였다. 20대의 경우 남성과 여성 모두 키가 크고 팔다리가 길고 상체와 엉덩이가 작은 전반적으로 늘씬한 체형이며, 남성은 몸통이 짧고 여성은 몸통이 긴 것으로 파악되었다. 30대는 키가 크고 팔다리가 길며, 20대 체형에 비해 상체 및 하체의 균형이 잘 잡혀 있으며, 남성은 상체 대비 엉덩이길이가 길고 여성은 허리 대비 엉덩이가 큰 것으로 파악되었다. 40대는 20~30대 체형에 비해 키가 작고 팔다리길이가 짧은 특성을 보이며, 남성은 상체 및 엉덩이둘레가 크며, 여성은 상체와 전신의 크기가 큰 것으로 파악되었다. 50대는 키가 작고 팔다리가 짧은 특성을 보이며, 남성은 몸통이 길고 두꺼우며 엉덩이길이가 짧고 여성은 토르소 길이 대비 허리길이가 긴 것으로 파악되었다. 60대는 전반적으로 체형이 작으며 팔다리가 짧으며, 남성은 머리가 크고 가슴은 좁고 두꺼우며 허리가 크고 여성은 상체의 길이가 길고 엉덩이와 어깨가 작은 것으로 파악되었다.

본 연구에서 도출된 한국인 남녀의 연령대별 체형 특성은 제품 설계 시 활용됨으로써, 착용자의 신체에 적합한 맞음새와 동작 편의성을 향상시키는 데 기여할 수 있다. 본 연구의 결과는 의복을 포함한 피복용품뿐 아니라 성장 속도가 빠른 청소년들의 자세 유지를 위한 책상 및 의자, 체형 변화가 진행된 고령자의 침대와 생활용품, 안전과 밀접한 관련이 있는 스포츠용품 등 다양한 제품의 설계에 활용될 수 있다. 특히 인간공학적 제품의 생산 및 유통 방식이 기존의 대량 생산에서 개인 맞춤형으로 전환되고, 오프라인 중심에서 온라인 기반으로 변화함에 따라, 대상 소비자의 체형을 나타내는 3차원 인체형상 모델을 기반으로 한 설계, 제작, 판매, 유통, 피팅 시스템의 필요성이 더욱 강조되고 있다. 산업체에서 수행되고 있는 예로 현대자동차에는 3차원 가상 인체 모델을 활용하여 다양한 체형에 최적의 착석감과 안전성을 극대화하는 방향으로 좌석 설계를 진행하고 있으며, 운전석 공간은 체형별 앉은키, 팔 길이, 다리길이, 무릎길이, 허벅지 높이, 엉덩이 너비와 같은 인체치수를 적용하여 설계되고 있다. 이러한 측면에서 본 연구에서 제시한 성별 및 연령대별 인체형상 모델은 인간공학적 제품 관련 산업에서 핵심 기초 자료로 활용될 수 있으며, 고도화를 통해 IT 기술이 적용된 헬스

케어 제품의 설계 및 적합성 평가에 유용하게 활용될 수 있다.

본 연구는 Size Korea의 2020년과 2021년 인체치수 데이터를 기반으로 연령 증가에 따른 체형 차이를 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 다만 PCA는 선형적 치수 관계를 기반으로 주요 체형 변이를 요약하는 방법이므로, 인체의 비선형적 3D 형상 특성과 국소적인 형태 차이를 충분히 반영하는 데에는 한계가 있다. 또한 한국과 같이 급속한 경제 성장을 경험한 국가에서는 개인의 성장기에 형성된 사회경제적 환경이 체형 발달에 영향을 미칠 수 있으므로(Schwekendiek and Jun, 2010), 향후 연구에서는 연령 증가에 따른 체형 변화와 함께 세대(cohort) 효과에 따른 체형 차이를 종합적으로 분석할 필요가 있다.

Acknowledgement

이 논문은 2026년도 정부(산업통상부 국가기술표준원)의 재원으로 KATRI시험연구원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제명: 2025년~2026년 인체치수 관련 기반시설 운영 및 산업계 지원).

References

Choi, S.J., Lee, R.G., Na, Y.W., Hwang, I.C. and Jung, J.H., Association between height loss and cardiovascular disease in the Korean elderly, *Scientific Reports*, 12, 2551, 2022. http://doi.org/10.1038/s41598-022-06594-w

Choi, S.I., Studies on representative body sizes and 3D body scan data of Korean adolescents, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 17(2), 227-232, 2016. http://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.11.003

Choi, Y.L., *Classification of upper lateral body shapes and pattern alteration for mass customization*, Unpublished doctoral thesis, Seoul National University, Seoul, 2008.

Frenzel, A., Binder, H., Walter, N., Wirkner, K., Loeffler, M. and Loeffler-Wirth, H., The aging human body shape, *NPJ Aging and Mechanisms of Disease*, 6(5), 2020. https://doi.org/10.1038/s41514-020-0043-9

Iwasaki, T., Kimura, H., Tanaka, K., Asahi, K., Iseki, K., Moriyama, T., Yamagata, K., Tsuruya, K., Fujimoto, S., Narita, I., Konta, T., Kondo, M., Kasahara, M., Shibagaki, Y., Watanabe, T. and Kazama, J., Association between height loss and mortality in the general population, *Scientific Reports*, 13(3595), 2023. http://doi.org/10.1038/s41598-023-30835-1

Jang, J.H. and Lee, J.R., Analysis on the lower body shape of the varus-typed elderly women, *Korean Fashion and Textile Research Journal*, 19(5), 569-578, 2017. http://doi.org/10.5805/SFTI.2017.19.5.569

Kado, D.M., Prenovost, K. and Crandall, C., Narrative review: hyperkyphosis in older persons, *Annals of Internal Medicine*, 147(5), 330-338, 2007. http://doi.org/10.7326/0003-4819-147-5-200709040-00008

Kim, B.A., *A study of classification method for abdomen and upper lateral somatotype of Korea adult men*, Unpublished master's thesis, Seoul National University, Seoul, 2015.

Kim, J.Y., You, J.W. and Kim, M.S., South Korean anthropometric data and survey methodology: 'Size Korea' project, *Ergonomics*, 60(11), 1586-1596, 2017. http://doi.org/10.1080/00140139.2017.1329940

Kim, S.A. and Choi, H.S., Upper body somatotype classification and discrimination of elderly women according to Index, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 28(7), 983-994, 2004.

Korean Agency for Technology and Standards, The 8th Size Korea. Size Korea. Retrieved from https://sizekorea.kr/human-info/meas-report?measDegree=8 (December 15, 2021).

Kwak, Y.S. and Kim, A.R., A Study on the size changes of men in the 20's, - Focusing on the lateral view of their upper bodies -, *Journal of the Korean Society of Costume*, 54(2), 149-165, 2004.

Lee, A.L., Cui, X., Jung, H.Y., Kim, H.E., Jeon, E.J., Na, H.J., Kim, E.M. and You, H.C., Development of Korean representative headforms for the total inward leakage testing on filtering facepiece respirators, *Safety and Health at Work*, 15(1), 42-52, 2024. http://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.11.003

Lee, J.Y., and Nam, Y.J., Comparison of somatotypes from various classification methods, - Between 18 and 24 years old Korean women -, *Korean Fashion and Textile Research Journal*, 6(2), 221-228, 2004.

Lee, Y.J. and Kim, J.H., A study on the clothing behaviors and wearing sensation of women's ready-to-wear, *Korean Association of Human Ecology*, 16(1), 123-136, 2007.

Park, H.J., Clothing Design for the Stability of the Elderly, *Korean Association of Human Ecology*, 31-42, 2009.

Park, S.M. and Han, H.S., Discrimination of lateral torso types by posture for older women, *The Korean Fashion and Textile Research Journal*, 26(1), 35-43, 2024. http://doi.org/10.5805/SFTI.2024.26.1.35

Schwekendiek, D. and Jun, S.H., From the poorest to the tallest in East Asia: the secular trend in height of South Koreans, *Korea Journal*, 50(3), 151-175, 2010.

Shimizu, M., Kobayashi, T., Chiba, H., Senoo, I., Ito, H., Matsukura, K. and Saito, S., Adult spinal deformity and its relationship with height loss: a 34-year longitudinal cohort study, *BMC Musculoskelet Disord*, 21(422), 2020. http://doi.org/10.1186/s12891-020-03464-2

Song, H.K., Baytar, F., Ashdown, S.P. and Kim, S., 3D anthropometric analysis of women's aging bodies: upper body shape and posture changes, *Fashion Practice*, 14(1), 26-48, 2022. http://doi.org/10.1080/17569370.2021.1879463

Sorkin, J.D., Muller, D.C. and Andres, R., Longitudinal change in height of men and women: implications for interpretation of the body mass index: the Baltimore Longitudinal Study of Aging, *American Journal of Epidemiology*, 150(9), 969-977, 1999. http://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a010106

St-Onge, M.P. and Gallagher, D., Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation?, *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 26(2), 152-155, 2009. http://doi.org/10.1016/j.nut.2009.07.004

Stevens, J., Katz, E.G. and Huxley, R.R., Associations between gender, age and waist circumference, *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(1), 6(15), 2010. http://doi.org/10.1038/ejcn.2009.101

Szulc, P., Duboeuf, F. and Chapurlat, R., Age-Related Changes in Fat Mass and Distribution in Men-the Cross-Sectional STRAMBO Study, *Journal of Clinical Densitometry: the Official Journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 20(4), 472-479, 2017. http://doi.org/10.1016/j.jocd.2016.08.003

Toth, M.J., Tchernof, A., Sites, C.K. and Poehlman, E.T., Menopause-related changes in body fat distribution, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904, 502-506, 2000. http://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06506.x

Vianna, C. and Quaresma, M., Ergonomic issues related to clothing and body changes of the new elderly women, *Procedia Manufacturing*, 3, 5755-5760, 2015. http://doi:10.1016/j.promfg.2015.07.819

Volpi, E., Nazemi, R. and Fujita, S., Muscle tissue changes with aging, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 7(4), 405-410, 2004. http://doi.org/10.1097/01.mco.0000134362.76653.b2

Wells, J.C., Charoensiriwath, S. and Treleaven, P., Reproduction, aging, and body shape by three-dimensional photonic scanning in Thai men and women, *American Journal of Human Biology: the Official Journal of the Human Biology Council*, 23(3), 291-298, 2011. http://doi.org/10.1002/ajhb.21151

Author listings

Eun Jin Jeon: slowjeon@hanmail.net
Highest degree: PhD, Department of Clothing and Textile, Kyungpook University, Daegu, Republic of Korea
Position title: Research Engineer, Department of Home Economics Education, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea
Areas of interest: Ergonomics design, Clothing pattern design, Apparel sizing

Ah Lam Lee: allee@katri.re.kr
Highest degree: PhD, Department of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University, Seoul, Korea
Position title: Principal Researcher, Research & Development Team, Convergence Standards Institute, KATRI Testing & Research Institute, Seoul, Republic of Korea
Areas of interest: Anthropometry, Clothing ergonomics, Human body shape, 3D virtual fitting, Apparel sizing